

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 3922528 C1

⑳ Aktenzeichen: P 39 22 528.3-52
㉑ Anmeldetag: 8. 7. 89
㉒ Offenlegungstag: —
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 19. 7. 90

⑤① Int. Cl. 5:

G01 L 5/20

G 01 P 3/00
G 01 N 19/02
G 01 M 17/06
B 60 T 17/22
B 62 D 7/20
B 62 D 15/02
// B62D 6/04
(B62D 7/20,111:00)
(B62D 7/20,113:00)

DE 3922528 C1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:

Daimler-Benz Aktiengesellschaft, 7000 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:

Kilian, Ulrich, Dipl.-Ing., 7337 Albershausen, DE;
Götz, Jürgen, Dipl.-Ing., 7073 Lorch, DE; Hainbuch,
Claus-Michael, Dipl.-Ing., 7056 Weinstadt, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 36 33 153 A1

⑤④ Verfahren zur Erkennung des querdynamischen Grenzbereiches der Bodenhaftung von Rädern eines Fahrzeuges in Abhängigkeit von Fahrbedingungen

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung des querdynamischen Grenzbereiches in Abhängigkeit unterschiedlicher fahrzeug- und betriebsbedingungsspezifischer Faktoren. Das Erkennen des querdynamischen Grenzbereiches geschieht durch Messung des Lenkstockhebelmomentes und dem Vergleich dieses Momentes mit einem Sollwert.

DE 3922528 C1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung des querdynamischen Grenzbereiches der Bodenhaftung von Rädern eines Fahrzeuges in Abhängigkeit von Fahrbedingungen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Es ist bereits ein gattungsgemäßes Verfahren bekannt (DE 36 33 153 A1), wonach aus den Kräften in dem Lenkgestänge eines Fahrzeuges, die aufgrund einer Vor- bzw. Nachspur auftreten, Rückschlüsse auf die Bodenhaftung der Räder des Fahrzeuges gezogen werden. Um mit diesem Verfahren die Bodenhaftung der Räder bestimmen zu können, müssen die bei einer Kurvenfahrt auftretenden Kräfte gesondert erfaßt und von der insgesamt gemessenen Kraft subtrahiert werden.

Bei dem bekannten Verfahren ergeben sich Nachteile dahingehend, daß sich die bei einer Kurvenfahrt auftretenden Kräfte als Störsignale auswirken, die zwar grundsätzlich deterministisch sind in dem Sinne, daß sie gemessen werden können, aber bei einem Vergleich des Pegels dieses Störsignales mit dem Pegel des Signales der Kraft im Lenkgestänge aufgrund der Vor- bzw. Nachspur zeigt sich, daß der Pegel des Störsignales erheblich über dem des Meßsignales liegt, so daß eine Bestimmung der Bodenhaftung bei einer Kurvenfahrt nach diesem Verfahren wenn überhaupt nur mit großem Aufwand durchzuführen ist. Außerdem hat eine Kenntnis des Wertes der Bodenhaftung für den Fahrzeugführer nur einen geringen Informationsgehalt, da er sein Fahrverhalten an die Bodenhaftung anpassen muß, d. h., daß eine für den Fahrzeugführer zweckmäßige Information eine Zuordnung der Bodenhaftung zu dem Fahrverhalten beinhalten muß.

Aufgabe der Erfindung ist es, den querdynamischen Grenzbereich in Abhängigkeit von Fahrbedingungen zu erkennen, um daraus dem Fahrzeugführer eine Information über sein Fahrverhalten bezogen auf die Bodenhaftung zu geben.

Diese Aufgabe wird bei einem gattungsgemäßen Verfahren zur Erkennung des querdynamischen Grenzbereiches in Abhängigkeit von Fahrbedingungen erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst, wobei die Merkmale der Unteransprüche vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen kennzeichnen.

Weitere Vorteile der Erfindung gegenüber dem bekannten Stand der Technik bestehen darin, daß andere Größen, die zu einem Lenkstockhebelmoment M_L führen, wie z. B. das Auftreten von Seitenwind, einen solchen Signalpegel bzgl. des Lenkstockhebelmomentes M_L aufweisen, daß sie gegenüber dem aufgrund einer Kurvenfahrt auftretenden Lenkstockhebelmoment M_L vernachlässigt werden können. Gegenüber dem bekannten Stand der Technik werden somit die Verhältnisse bzgl. des bisher gültigen Störsignal-/Meßsignal-Pegels umgekehrt. Die Pegel der Störsignale und der Meßsignale haben bei dem erfindungsgemäßen Verfahren somit ein solches Verhältnis, daß keine gesonderte Erfassung der Störsignale notwendig ist; außerdem bewirkt das Auftreten von Seitenwind eine Instabilität des Fahrverhaltens, so daß bei dem erfindungsgemäßen Verfahren eine implizite Berücksichtigung von Seitenwindeneinflüssen gewollt ist und somit die Seitenwindeneinflüsse auch kein "Störsignal" darstellen. Ein weiterer Faktor, der das Lenkstockhebelmoment M_L beeinflusst, ist eine schräge Fahrbahn. Da eine schräge Fahrbahn aber ebenfalls eine Instabilität des Fahrverhaltens be-

günstigen kann, ist die implizite Berücksichtigung auch dieses Faktors gewollt.

In der folgenden Beschreibung der Erfindung werden die Verhältnisse dargelegt, indem auf die Messung und Beurteilung des Lenkstockhebelmomentes M_L Bezug genommen wird. Ebenso ist es auch möglich, andere im Lenkgestänge auftretende Kräfte zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zu verwenden.

Die Messung des Lenkstockhebelmomentes M_L erfolgt in an sich bekannter Weise, wie z. B. mittels Dehnungsmeßstreifen oder durch Messung des Systemdruckes in einer Servolenkung. Das gemessene Lenkstockhebelmoment M_L wird mit einem Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$ verglichen, das sich ergibt, wenn gleiche Betriebs- und Fahrbedingungen (F_{VA} , v_F , a_y , ...) des Fahrzeuges vorliegen. Das Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$ wird so bestimmt, daß sich unter Betriebs- und Fahrbedingungen, die eine Instabilität des Kurvenfahrzustandes begünstigen, eine zunehmende Abweichung des gemessenen Lenkstockhebelmomentes M_L von dem Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$ einstellt in dem Sinne, daß das gemessene Lenkstockhebelmoment M_L gegenüber dem Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$ kleiner wird. Übersteigt diese Abweichung einen bestimmten Schwellwert SW , wird somit das Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches erkannt.

Das Erkennen des querdynamischen Grenzbereiches erfolgt also in Abhängigkeit von:

- dem gemessenen Lenkstockhebelmoment M_L
- dem Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$ und
- dem Schwellwert SW .

Grundsätzlich ist es auch möglich, das Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$ als den Grenzwert des Lenkstockhebelmomentes M_L bei Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches zu definieren. In diesem Fall ist der Schwellwert SW gleich 0 und das Erkennen des querdynamischen Grenzbereiches erfolgt, wenn das gemessene Lenkstockhebelmoment M_L unter das für die jeweiligen Bedingungen gültige Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$ fällt. Bei Verwendung eines Schwellwertes SW ungleich 0 ist jedoch in einfacher Weise eine Anpassung des Zeitpunktes möglich, zu dem der querdynamische Grenzbereich erkannt wird, indem der Schwellwert SW einstellbar ist. Wenn ein Fahrzeugführer eine frühzeitige Warnung über das Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches erhalten will, kann er den Schwellwert SW erniedrigen. Wäre der Schwellwert SW auf 0 gesetzt, wäre eine Anpassung der Erkennung des querdynamischen Grenzbereiches an den Fahrzeugführer nur möglich, indem die Referenzmomente $M_{L\text{Ref}}$ in Abhängigkeit aller zu berücksichtigenden Bedingungen neu ermittelt würden.

Aus der Abhängigkeit des Erkennens des querdynamischen Grenzbereiches von den aufgezählten drei Größen ergibt sich, daß bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Erkennung des querdynamischen Grenzbereiches zwei Verfahrensparameter existieren, deren Beeinflussung zu zwei diesem Verfahren zugrunde liegenden Freiheitsgraden führt. Einerseits ist es möglich, das Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$ als ersten Verfahrensparameter an äußere Bedingungen anzupassen, andererseits kann der Schwellwert SW als zweiter Verfahrensparameter an äußere Bedingungen angepaßt werden. Grundsätzlich ist es auch möglich, beide Verfahrensparameter zu beeinflussen. Im folgenden wird angegeben, wie eine Ausführungsform der Anpassung der beiden

Verfahrensparameter in Abhängigkeit von Betriebs- und Fahrbedingungen vorgenommen wird. Eine Variation dieser Anpassung ergibt sich in einfacher Weise dadurch, daß eine Erhöhung des Schwellwertes SW in eine Erhöhung des Referenzmomentes $M_{L\text{Ref}}$ überführt werden kann und umgekehrt. Eine analoge Variation der Anpassung der Verfahrensparameter ergibt sich bzgl. einer Erniedrigung des Schwellwertes SW bzw. des Referenzmomentes $M_{L\text{Ref}}$ in Abhängigkeit der Betriebs- und Fahrbedingungen.

Der Grenzwert des Lenkstockhebelmomentes M_L bei Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches kann durch Berechnungen aus an sich bekannten Fahrzeugmodellgleichungen gewonnen werden, wobei die wesentlichen Gleichungsparameter dieser Fahrzeugmodellgleichungen die Achsgeometrie, die Reifengröße und der Radstand des Fahrzeuges sind. Diese Gleichungsparameter können fahrzeugspezifisch erfaßt werden. Die Verwendung unterschiedlicher Reifentypen hat dabei keinen wesentlichen Einfluß auf das Lenkstockhebelmoment M_L und zwar weder bzgl. der Verwendung von Reifen unterschiedlicher Hersteller noch bzgl. der Verwendung von Sommer-/Winterreifen. Außer diesen fahrzeugspezifischen Gleichungsparametern nehmen noch Betriebs- und Fahrbedingungen Einfluß, die sich im wesentlichen zusammensetzen aus der Gewichtskraft auf die gelenkte Achse F_{VA} , der Fahrzeuggeschwindigkeit v_F , der Querbeschleunigung a_y und einem Bremsvorgang. Des weiteren geht in die Fahrzeugmodellgleichungen die Bodenhaftung der Räder derart ein, daß sich für das Lenkstockhebelmoment M_L in Abhängigkeit der Betriebs- und Fahrbedingungen der Grenzwert für das Lenkstockhebelmoment M_L bei Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches ergibt.

Alternativ zur Berechnung des Grenzwertes des Lenkstockhebelmomentes M_L bei Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches aus den Fahrzeugmodellgleichungen kann dieser Grenzwert in Abhängigkeit fahrzeugspezifischer Gegebenheiten sowie in Abhängigkeit von Betriebs- und Fahrbedingungen in Kennlinien abgelegt werden. Bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht der Vorteil der Bestimmung des Grenzwertes des Lenkstockhebelmomentes M_L bei Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches aus Kennlinien darin, daß Ungenauigkeiten in den Fahrzeugmodellgleichungen in einfacher Weise umgangen werden können. Die Aufnahme der Kennlinien des Grenzwertes des Lenkstockhebelmomentes M_L bei Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches erfolgt dabei unter solchen Bedingungen der Bodenhaftung, daß in Abhängigkeit der Betriebs- und Fahrbedingungen der querdynamische Grenzbereich gerade erreicht ist. Für das bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zu verwendende Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$ ergeben sich dann ebenfalls Kennlinien aus den Kennlinien des Grenzwertes des Lenkstockhebelmomentes M_L bei Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches.

Allgemein ergibt sich somit für den Grenzwert des Lenkstockhebelmomentes M_L bei Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches und damit auch für das bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zu verwendende Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$ bei der Berücksichtigung von n Betriebs- und Fahrbedingungen eine Hyperfläche im R^{n+1} . Ist $n=1$, so entartet die Hyperfläche zu einer Kurve im R^2 , ist $n=1$, so entartet die Hyperfläche zu einer Fläche im R^3 .

Soll bei der Erkennung des querdynamischen Grenzbereiches ein Schwellwert SW ungleich 0 verwendet

werden, müssen die so ermittelten Grenzwerte des Lenkstockhebelmomentes M_L bei Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches entsprechend einer ursprünglich vorgegebenen Schwelle S erhöht werden, um das bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zu verwendende Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$ zu erhalten. Eine Anpassung des jeweiligen Arbeitspunktes, an dem das Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches erkannt wird, kann durch eine Variation des Schwellwertes SW erfolgen, der bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens verwendet wird. In diesem Falle ist die ursprünglich vorgegebene Schwelle S , durch die das Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$ in Abhängigkeit des Grenzwertes des Lenkstockhebelmomentes M_L bei Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches bestimmt wird, verschieden von dem Schwellwert SW . Wenn ein Schwellwert SW ungleich 0 vorgesehen ist, kann zumindest ein Teil der Parametrierung mit Betriebs- und Fahrbedingungen erfolgen, indem wie oben beschrieben zumindest ein Teil der Größen, die das Lenkstockhebelmoment M_L beeinflussen, berücksichtigt wird, indem eine Parametrierung des Schwellwertes SW erfolgt. In diesem Fall reduziert sich die Ordnung des Raumes der Hyperfläche um die Anzahl der Parameter, die anstatt bei dem Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$ bei dem Schwellwert berücksichtigt werden.

Eine Alternative zur Bestimmung des Referenzmomentes $M_{L\text{Ref}}$ ergibt sich, wenn das Lenkstockhebelmoment M_L unter optimalen Kraftschlußbedingungen ermittelt wird. Das bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zu verwendende Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$ ergibt sich dann durch eine Variation V des Lenkstockhebelmomentes M_L bei optimalen Kraftschlußbedingungen unter Berücksichtigung der Arbeitspunkte, zu denen das Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches erkannt werden soll.

Wird das Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$ bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens mittels Kennlinien bestimmt und sind diese Kennlinien digital gespeichert, muß entsprechend den momentan gültigen Betriebs- und Fahrbedingungen eine Interpolation des Referenzmomentes $M_{L\text{Ref}}$ aus den Kennlinien erfolgen entsprechend den Betriebs- und Fahrbedingungen, die den am jeweiligen Arbeitspunkt gültigen Betriebs- und Fahrbedingungen am nächsten kommen. Eine geeignete Zahl von Kennlinien in dem Kennlinienfeld ergibt sich unter Berücksichtigung der funktionalen Abhängigkeit des Referenzmomentes $M_{L\text{Ref}}$ von den angegebenen Betriebs- und Fahrbedingungen. Wird die Interpolation nichtlinear durchgeführt, genügen bzgl. jeder einzelnen Größe der Betriebs- und Fahrbedingungen außer der Vorgabe der funktionalen Abhängigkeit zwei Kennlinien. Zwischen den entsprechenden extremal vorkommenden Werten dieser Größe wird das Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$ durch eine entsprechende funktionale Annäherung des Verlaufes des Referenzmomentes $M_{L\text{Ref}}$ über der Größe interpoliert. Wenn bzgl. der Interpolation ein geringerer Aufwand betrieben werden soll, muß der Verlauf der Abhängigkeit des Referenzmomentes $M_{L\text{Ref}}$ von der Größe in linearisierbare Stücke unterteilt werden.

Die funktionale Abhängigkeit des Lenkstockhebelmomentes M_L und damit auch des Referenzmomentes $M_{L\text{Ref}}$ von fahrzeugspezifischen und die Betriebs- und Fahrbedingungen charakterisierenden Größen stellt sich dabei folgendermaßen dar:

— Mit zunehmender Gewichtskraft F_{VA} auf die

gelenkte Achse erfolgt eine nahezu lineare Zunahme des Lenkstockhebelmomentes M_L .

— Mit zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit v_F nimmt das Lenkstockhebelmoment M_L bei einer Kurvenfahrt zu. Dieser Anstieg ist im Bereich kleiner Geschwindigkeiten linear und wird mit größer werdenden Geschwindigkeiten degressiv. In einer vorteilhaften Ausführungsform wird dieser Aspekt bei der Bestimmung des Referenzmomentes $M_{L\text{Ref}}$ berücksichtigt.

— Aus dem Lenkradwinkel muß die Lenkradwinkelgeschwindigkeit bestimmt werden, um aus einer Lenkradwinkelgeschwindigkeit ungleich 0 zu ermitteln, ob der Fahrzeugführer in eine Kurve hineinlenkt oder insbesondere ob der Fahrzeugführer aus einer Kurve herauslenkt. Lenkt der Fahrzeugführer in eine Kurve hinein, wird das Lenkstockhebelmoment M_L größer. In diesem Fall kann das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt werden, da sich durch das Hineinlenken in die Kurve nur eine geringe Änderung des Lenkstockhebelmomentes ergibt. Lenkt der Fahrzeugführer aus einer Kurve heraus, wird das Lenkstockhebelmoment M_L kleiner. In diesem Fall wird bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens das Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches erkannt, obwohl sich das Fahrzeug u. U. in sicherer Entfernung vom querdynamischen Grenzbereich befindet. Bei einer Lenkradwinkelgeschwindigkeit ungleich 0 wird bei dem Herauslenken aus der Kurve vorteilhafterweise auf die Durchführung des Verfahrens verzichtet. In einer vorteilhaften Ausführungsform wird dazu ein Schwellwert für die Lenkradwinkelgeschwindigkeit beim Herauslenken aus einer Kurve definiert. Oberhalb dieses Schwellwertes findet dann eine Durchführung dieses Verfahrens beim Herauslenken aus einer Kurve nicht statt. Soll das Verfahren jedoch auch beim Herauslenken aus einer Kurve durchgeführt werden, muß die Änderung des Lenkstockhebelmomentes M_L bei einer Lenkradwinkelgeschwindigkeit ungleich 0 bei der Bestimmung des Referenzmomentes $M_{L\text{Ref}}$ und/oder bei einer Anpassung des Schwellwertes SW an Betriebsbedingungen berücksichtigt werden. In besonders vorteilhafter Weise erfolgt diese Berücksichtigung auch beim Hineinlenken in die Kurve, um ein rechtzeitiges Erkennen des querdynamischen Grenzbereiches zu ermöglichen.

— Beim Bremsen treten bei einer Kurvenfahrt Umfangskräfte am Rad auf, die in Abhängigkeit der Achsgeometrie zu einem Lenkstockhebelmoment M_L führen. In vorteilhafter Weise wird ein Bremsvorgang durch eine Anpassung des Schwellwertes SW berücksichtigt. In Abhängigkeit der Achsgeometrie des entsprechenden Fahrzeuges kann es dabei erforderlich sein, den Schwellwert SW zu erhöhen oder auch zu erniedrigen. In einer ersten Näherung kann der Schwellwert SW beim Bremsen durch eine Variation um einen konstanten Wert korrigiert werden. Dazu muß bzgl. eines Bremsvorganges ein binäres Signal gewonnen werden (beispielsweise am Bremslichtschalter). In einer verbesserten Ausführungsform kann auch ein Signal von einem Bremswertgeber verarbeitet werden, das der Stärke des Bremsvorganges entspricht.

— Mit zunehmender Querschleunigung a_y erfolgt zunächst eine Zunahme des Lenkstockhebel-

momentes M_L bis bei Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches eine Abnahme des Lenkstockhebelmomentes M_L mit zunehmender Querschleunigung a_y erfolgt.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt eine Berücksichtigung von Fahrbedingungen beispielsweise, indem bei der Bestimmung des Referenzmomentes $M_{L\text{Ref}}$ u. a. die Querschleunigung a_y und die Fahrzeuggeschwindigkeit v_F berücksichtigt werden. Die Querschleunigung a_y kann unmittelbar durch Verwendung eines Querschleunigungssensors gemessen werden. Außerdem kann die Querschleunigung a_y aus Raddrehzahldifferenzen an den Vorderrädern näherungsweise mit jedoch ausreichender Genauigkeit nach der Formel:

$$a_y = \frac{|n_L^2 - n_R^2|}{2 \cdot s_B}$$

n_L : Drehzahl des linken Vorderrades

n_R : Drehzahl des rechten Vorderrades

s_B : Spurbreite des Fahrzeuges

berechnet werden. In einer alternativen Ausführungsform ist es auch vorstellbar, aus dem Lenkradwinkel und der Fahrzeuggeschwindigkeit v_F eine Größe abzuleiten, die im wesentlichen der Querschleunigung a_y entspricht. Die Fahrzeuggeschwindigkeit v_F kann ebenfalls aus den Raddrehzahlsignalen der Räder gewonnen werden. Es ist aber auch möglich, einen Geschwindigkeitssensor zu verwenden.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung schematisch dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 ein Funktionsblockschaltbild einer Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 Kennlinien der Lenkstockhebelmomente M_L in Abhängigkeit verschiedener Fahrbahnbedingungen und der Querschleunigung a_y und

Fig. 3 den Verfahrensablauf zum Ermitteln des Referenzmomentes $M_{L\text{Ref}}$ in Abhängigkeit der Fahrzeuggeschwindigkeit v_F , der Gewichtskraft F_{VA} auf die gelenkte Achse und der Querschleunigung a_y .

Wie aus Fig. 1 ersichtlich, wird in einer Vorrichtung 20 festgestellt, ob bzgl. der Betriebs- und Fahrbedingungen der querdynamische Grenzbereich erreicht ist. Der Vorrichtung 20 wird dabei ein Signal 4 zugeführt, das das Lenkstockhebelmoment M_L repräsentiert. In dem in der Fig. 1 dargestellten Beispiel wird dieses Lenkstockhebelmoment M_L an dem Lenkstockhebel 9a des Lenkgetriebes 9 gemessen. Außerdem werden der Vorrichtung 20 Signale zugeführt, die die Betriebs- und Fahrbedingungen charakterisieren. Dies kann durch mehrere der folgenden Signale geschehen:

1a: Signal, das die Drehzahl eines Vorderrades repräsentiert,

1b: Signal, das die Drehzahl eines anderen Vorderrades repräsentiert,

2: Signal, das die Gewichtskraft F_{VA} auf die gelenkte Achse repräsentiert,

3: Signal, das die Querschleunigung a_y repräsentiert,

5: Signal, das die Fahrzeuggeschwindigkeit v_F repräsentiert,

6a: Signal, das das Auftreten eines Bremsvorganges repräsentiert,

- 6b: Signal, das die Stärke eines Bremsvorganges repräsentiert,
 7: Signal, das den Lenkradwinkel repräsentiert und/oder
 8: Signal, das die Vorgabe des Schwellwertes SW bezogen auf den Fahrzeugführer repräsentiert.

Soll bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Gewichtskraft F_{VA} auf die gelenkte Achse berücksichtigt werden, wird der Vorrichtung 20 das Signal 2 zugeführt. Die Messung der Gewichtskraft F_{VA} geschieht beispielsweise durch Dehnungsmeßstreifen an der gelenkten Achse. Soll bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Querschleunigung a_y berücksichtigt werden, wird das Signal 3 der Vorrichtung 20 zugeführt. Alternativ dazu kann die Querschleunigung a_y aus den Signalen 1a und 1b abgeleitet werden. Es ist außerdem möglich, die Querschleunigung a_y aus dem Signal 5 (Fahrzeuggeschwindigkeit v_F) und dem Signal 7 (Lenkradwinkel) abzuleiten. Der Steuervorrichtung 20 wird das Signal 8 zugeführt, wenn der Arbeitspunkt, zu dem der querdynamische Grenzbereich erkannt wird, veränderbar sein soll. Beim Bremsen in der Kurve tritt ein zusätzliches Lenkstockhebelmoment M_L auf, das berücksichtigt werden kann, indem der Vorrichtung 20 das Signal 6a bzw. 6b zugeführt wird. Das Signal 6a ist ein binäres Signal, d. h. es kann nur berücksichtigt werden, ob überhaupt ein Bremsvorgang stattfindet. Das Signal 6b erlaubt darüber hinaus eine Berücksichtigung der Stärke des Bremsvorganges. In Fig. 1 ist in der Vorrichtung 20 angedeutet, daß das Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$ 31 in Kennlinien abgelegt sein kann, wobei die Kennlinien durch Betriebs- und Fahrbedingungen parametrisiert werden. Alternativ ist eine Berechnung des Referenzmomentes $M_{L\text{Ref}}$ 31 aus Fahrzeugmodellgleichungen möglich. Außerdem kann eine Berücksichtigung der Betriebs- und Fahrbedingungen durch eine Variation des Schwellwertes SW realisiert werden. Wird von der Vorrichtung 20 ein Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches erkannt, wird ein Ausgangssignal 21 generiert, das an eine akustische Informationseinrichtung 22 und/oder an eine optische Informationseinrichtung 23 ausgegeben wird. Die Stärke des Signals 21 kann dabei abhängig sein von dem Ausmaß der drohenden Instabilität.

In Fig. 2 ist ein Kennlinienfeld dargestellt, in dem das Lenkstockhebelmoment M_L über der Querschleunigung a_y aufgetragen ist. Die nicht durchgezogene Linie 31 stellt dabei eine Kennlinie der Referenzmomente $M_{L\text{Ref}}$ dar, die beispielsweise durch eine Überhöhung des Grenzwertes des Lenkstockhebelmomentes M_L bei Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches — dargestellt durch Linie 32 — durch eine Überhöhung mit dem Wert der Schwelle S gewonnen werden kann. Alternativ kann die Kennlinie 31 der Referenzmomente $M_{L\text{Ref}}$ aus den Werten des Lenkstockhebelmomentes $M_{L\text{trocken}}$ unter optimalen Kraftschlußbedingungen durch die Variation V gewonnen werden. Die senkrecht verlaufenden Balken sind der Wert der Schwelle S , der Variation V , des Schwellwertes SW und der Abweichung δ ($M_{L\text{Ref}} - M_{L\text{ermittelt}}$). Es ist dabei zu erkennen, daß bei zunehmender Fahrbahnglätte das Erkennen des querdynamischen Grenzbereiches bei immer kleiner werdenden Querschleunigungen erfolgt. Dieses Kennlinienfeld wird ggf. durch weitere Größen parametrisiert, die die Betriebs- und Fahrbedingungen beschreiben, wie z. B. die Fahrzeuggeschwindigkeit v_F oder die Gewichtskraft F_{VA} auf die gelenkte Achse.

In Fig. 3 ist ein Ablauf des erfindungsgemäßen Ver-

fahrens dargestellt. In zwei Kennlinienfeldern 51a und 51b ist das Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$ in Abhängigkeit der Parameter "Fahrzeuggeschwindigkeit" v_F und "Querschleunigung" a_y abgelegt. Die zwei Kennlinienfelder entsprechen jeweils einem Betriebszustand, der zu einer Gewichtskraft F_{VA} auf die gelenkte Achse führt, der bei dem Kennlinienfeld 51a einem unbeladenen Fahrzeug entspricht und der bei dem Kennlinienfeld 51b einem voll beladenen Zustand entspricht. In Abhängigkeit der beiden Parameter v_F und a_y werden aus den beiden Kennlinienfeldern die zugehörigen Referenzmomente $M_{L\text{Ref}}$ ausgelesen. Entsprechend der ermittelten Gewichtskraft F_{VA} auf die gelenkte Achse wird zwischen diesen beiden ausgelesenen Werten des Referenzmomentes $M_{L\text{Ref}}$ interpoliert. Diese Interpolation kann als lineare Interpolation ausgeführt werden. Es ergibt sich somit ein Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$ in Abhängigkeit der Größen v_F , a_y und der Gewichtskraft F_{VA} auf die gelenkte Achse. Bei dieser Ausführungsform erfolgt eine Berücksichtigung weiterer Größen ggf. durch eine Variation des Schwellwertes SW .

Ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Erkennung des querdynamischen Grenzbereiches der Bodenhaftung von Rädern unter Berücksichtigung von Fahrbedingungen stellt sich folgendermaßen dar. Aus dem Signal 7 des Lenkradwinkels wird durch eine Differentiation nach der Zeit die Lenkradwinkelgeschwindigkeit erfaßt. Erkennt die Vorrichtung 20, daß das Fahrzeug in eine Kurve hineingelenkt wird, wird das Verfahren zur Erkennung des querdynamischen Grenzbereiches eingeleitet. Aus den Drehzahlsignalen 1a und 1b wird die Fahrzeuggeschwindigkeit v_F und die Querschleunigung a_y abgeleitet. Aus dem Signal 2 wird die Gewichtskraft F_{VA} auf die gelenkte Achse ermittelt. Aus dem Signal 6a wird abgeleitet, ob ein Bremsvorgang stattfindet oder nicht. Aus den Signalen 1a, 1b, 2 und 3 wird ein Arbeitspunkt bestimmt, zu dem aus den Kennlinienfeldern das zugehörige Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$ ausgelesen wird. Die Erhöhung des Lenkstockhebelmomentes M_L aufgrund eines Hineinlenkens in die Kurve und eines Bremsvorganges wird ggf. berücksichtigt, indem der Schwellwert SW erhöht wird. Zu dem gemessenen Lenkstockhebelmoment M_L wird dieser Schwellwert SW addiert. Liegt diese Summe über dem Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$, das bei den jeweiligen Fahrbedingungen gültig ist, so wird geschlossen, daß das Fahrzeug in sicherem Abstand vom querdynamischen Grenzbereich ist. Analog gilt in diesem Fall, daß der Abstand δ des Referenzmomentes $M_{L\text{Ref}}$ von dem Lenkstockhebelmoment M_L kleiner ist als der Schwellwert SW . Liegt diese Summe unterhalb des Referenzmomentes $M_{L\text{Ref}}$, das bei den jeweiligen Fahrbedingungen gültig ist, wird das Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches erkannt und dem Fahrzeugführer durch eine Informationseinrichtung 22 und/oder 23 angezeigt. Analog gilt in dem letzten Fall, daß der Abstand δ des Referenzmomentes $M_{L\text{Ref}}$ von dem ermittelten Lenkstockhebelmoment M_L betragsmäßig größer ist als der Schwellwert SW .

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung des querdynamischen Grenzbereiches der Bodenhaftung von Rädern eines Fahrzeuges in Abhängigkeit von Fahrbedingungen durch eine Bestimmung von einer Kraft im Lenkgestänge bei einem unter Schräglauf abrollenden Rad,

dadurch gekennzeichnet, daß das aus der Kraft im Lenkgestänge resultierende Lenkstockhebelmoment M_L ermittelt und

mit einem Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$ (31) unter Beachtung gleicher Betriebs- und Fahrbedingungen (F_{VA} , a_y , v_F , ...) außer dem Kraftschluß verglichen wird und

daß aus einer Abweichung δ des ermittelten Lenkstockhebelmomentes M_L von dem Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$ (31), die betragsmäßig oberhalb eines Schwellwertes SW liegt — der sich aus der Differenz des Referenzmomentes $M_{L\text{Ref}}$ (31) von dem Grenzwert des Lenkstockhebelmomentes M_L (32) bei Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches ergibt —, ein Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches der Bodenhaftung der Räder des Fahrzeuges erkannt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Anpassung des Erkennens des querdynamischen Grenzbereiches an wenigstens einen Teil der Größen erfolgt, die die Betriebs- und Fahrbedingungen des Fahrzeuges repräsentieren und die Einfluß auf das Lenkstockhebelmoment M_L nehmen,

- indem das Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$ (31) unter Berücksichtigung wenigstens eines Teiles dieser Größen ermittelt wird und/oder
- indem der Schwellwert SW mit wenigstens einem Teil dieser Größen variiert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die die Betriebs- und Fahrbedingungen des Fahrzeuges repräsentierenden Größen mehrere folgender Größen sind:

- a) die Gewichtskraft F_{VA} auf die gelenkte Achse (Signal 2),
- b) die Fahrzeuggeschwindigkeit v_F (Signal 1a, 1b und/oder 5),
- c) ein Bremsvorgang (Signal 6a),
- d) die Stärke eines Bremsvorganges (Signal 6b),
- e) der Lenkradwinkel (Signal 7),
- f) die Lenkradwinkelgeschwindigkeit (abzuleiten aus Signal 7),
- g) die Querbeschleunigung a_y (Signal 1a, 1b und/oder 3) und

daß bei der Anpassung des Erkennens des querdynamischen Grenzbereiches eine Änderung des Lenkstockhebelmomentes M_L verursacht durch ein Auftreten bzw. eine Änderung der die Betriebs- und Fahrbedingungen repräsentierenden Größen, berücksichtigt wird,

- wobei eine Zunahme der Größen a zu einer Zunahme des Lenkstockhebelmomentes M_L führt und
- wobei die Größe b nur bei Kurvenfahrt einen Einfluß auf das Lenkstockhebelmoment hat und wobei dieser Einfluß derart ist, daß das Lenkstockhebelmoment zunimmt bis zum Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches und daß bei Überschreiten des querdynamischen Grenzbereiches eine Zunahme der Größe b eine Abnahme des Lenkstockhebelmomentes M_L bewirkt und
- wobei eine Zunahme der Größe d bzw. ein Auftreten der Größe c durch die auftretenden Radumfangskräfte zu einer Abnahme des Lenkstockhebelmomentes M_L führt, wobei diese Abnahme zumindest teilweise dadurch

kompensiert wird, daß bei einem Bremsvorgang die Größe a zunimmt und

- wobei aus dem Lenkradwinkel und der Lenkradwinkelgeschwindigkeit ermittelt wird, ob der Fahrzeugführer in die Kurve hineinlenkt, was zu einem größer werdenden Lenkstockhebelmoment M_L führt, oder ob der Fahrzeugführer aus der Kurve herauslenkt, was zu einem kleiner werdenden Lenkstockhebelmoment M_L führt und
- wobei das Lenkstockhebelmoment M_L mit zunehmender Querbeschleunigung a_y größer wird bis bei Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches eine Abnahme des Lenkstockhebelmomentes M_L mit zunehmender Querbeschleunigung a_y erfolgt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung des Referenzmomentes $M_{L\text{Ref}}$ in einem ersten Schritt ein Grenzwert für das Lenkstockhebelmoment M_L (32) bei Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches aus Fahrzeugmodellgleichungen gewonnen wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung des Referenzmomentes $M_{L\text{Ref}}$ (31) in einem ersten Schritt ein Grenzwert für das Lenkstockhebelmoment M_L (32) bei Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches gemessen wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß das zur Durchführung des Verfahrens zu verwendende Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$ (31), das in einem zweiten Schritt zu ermitteln ist, gleichgesetzt wird dem im ersten Schritt ermittelten Grenzwert für das Lenkstockhebelmoment M_L (32) bei Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches.

7. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß das zur Durchführung des Verfahrens zu verwendende Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$ (31), das in einem zweiten Schritt zu ermitteln ist, gewonnen wird aus einer Variation S des in dem ersten Schritt erhaltenen Grenzwertes für das Lenkstockhebelmoment M_L (32) bei Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches derart, daß eine betragsmäßige Abweichung δ des ermittelten Lenkstockhebelmomentes M_L von dem Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$ (31) größer als der Schwellwert SW zu einem Erkennen des querdynamischen Grenzbereiches führt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung des Referenzmomentes $M_{L\text{Ref}}$ in einem ersten Schritt Werte für das Lenkstockhebelmoment M_L (32) für alle fahrdynamischen Bedingungen unter optimalen Kraftschlußbedingungen aus Fahrzeugmodellgleichungen gewonnen wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung des Referenzmomentes $M_{L\text{Ref}}$ (31) in einem ersten Schritt Werte für das Lenkstockhebelmoment M_L unter optimalen Kraftschlußbedingungen gemessen werden.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß das zur Durchführung des Verfahrens zu verwendende Referenzmoment $M_{L\text{Ref}}$ (31), das in einem zweiten Schritt zu ermitteln ist, gewonnen wird aus einer Variation V der in

dem ersten Schritt Werte für das Lenkstockhebelmoment M_L (32) unter optimalen Kraftschlußbedingungen derart, daß ein rechtzeitiges Erkennen des Erreichens des querdynamischen Grenzbereiches möglich ist.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwellwert SW einstellbar ist bezogen auf den Arbeitspunkt, zu dem das Erreichen des querdynamischen Grenzbereiches erkannt werden soll.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein Erkennen des querdynamischen Grenzbereiches dem Fahrzeugführer akustisch und/oder optisch angezeigt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Stärke des anzeigenden Signales mit kritischer werdendem Kurvenfahrtzustand ansteigt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

— Leerseite —

Fig. 1

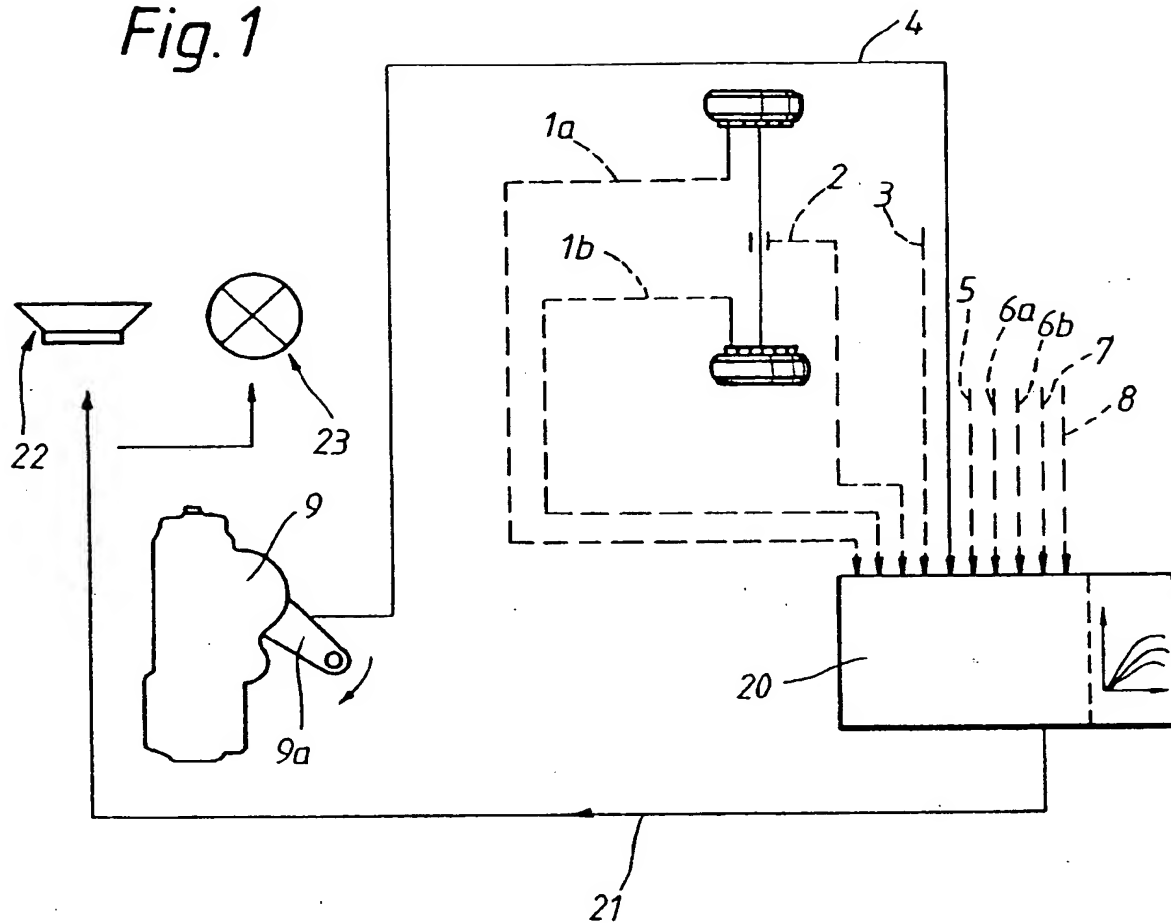


Fig. 2

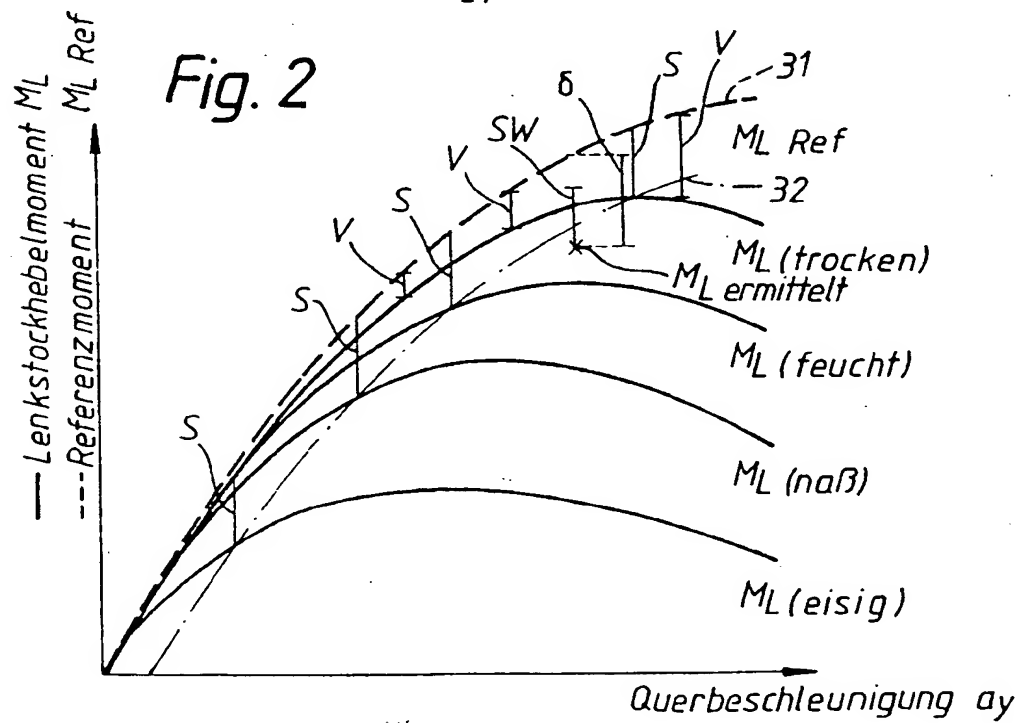


Fig. 3

